

# KARAKTERISTIK *PULL-OUT RESISTANCE* TULANGAN SEBAGAI PERKUATAN PADA TANAH LEMPUNG

Said Defri Ariandi<sup>1</sup>, Ferry Fatnanta<sup>2</sup>, Muhardi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Program S-1, Fakultas Teknik Universitas Riau

<sup>2</sup>Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru  
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

E-mail: Said.defri.ariandi@gmail.com

## ABSTRAK

*Ground improvement by using reinforcement developed rapidly in recent decades. Since it was first introduced by Vidal (1966), this method is suitable to reduced the deformation of both lateral and vertical deformation. Clay materials used because of its availability and lower cost, clay have shown good performance as embankment, and for the reinforcement material using 10 mm steel bar. This laboratory-scale test prepared at two dry side water content, two wet side water content and optimum water content (OMC), while the pullout resistance from longitudinal reinforcement. Pullout resistance reinforcement would be highest when the water content of clay are in optimum condition, adhesion is the dominant force in this pullout resistance test.*

*Keywords: Pullout resistance, water content, reinforcement*

## PENDAHULUAN

Penggunaan tulangan pada perbaikan tanah sudah lama digunakan pada struktur dinding penahan tanah, struktur jalan raya, pangkal jembatan, dan perbaikan lereng. Sejak pertama kali diperkenalkan oleh Vidal (1966, dalam Christady, 1990) teknik perbaikan ini berkembang pesat dalam dua dekade terakhir. Keuntungan penggunaan struktur tanah bertulang karena sifatnya yang fleksibel sehingga sangat cocok untuk mengurangi deformasi tanah. Dibandingkan dengan struktur tanah konvensional, struktur tanah bertulang terbukti mengurangi deformasi, baik deformasi lateral maupun vertikal. Analisis stabilitas struktur tanah bertulang perlu ditinjau terhadap stabilitas dalam (*internal stability*) dan stabilitas luar (*external stability*). Stabilitas dalam meliputi tahanan cabut dari tulangan, dan kegagalan akibat gaya tarikan pada tulangan karena terlampaui kekuatan batasnya sedangkan stabilitas luar

meliputi penggeseran, penggulingan, keruntuhan kapasitas dukung tanah dan keruntuhan akibat kelongsoran lereng global.

Penggunaan tanah lempung dengan kandungan butir halus yang tinggi sebagai bahan timbunan telah menunjukkan kinerja yang cukup baik, dimana ketersediaan material yang berlimpah serta harga yang lebih murah dibanding tanah berbutir membuat tanah jenis ini memerlukan perhatian mengenai perilakunya dalam sistem dinding tanah maupun timbunan dengan perkuatan berupa tulangan baja.

Bahan perkuatan berupa tulangan baja selain jumlah produksinya yang banyak, baja juga mempunyai sifat-sifat yaitu kuat terhadap tarik, tekan, lenturan dan geseran, elastis terhadap perubahan bentuk akibat pembebanan serta tidak mudah cacat dan tahan lama. Atas dasar pertimbangan tersebut maka baja dinilai tepat sebagai material pengujian.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji seberapa besar tahanan cabut tulangan baja longitudinal sebagai perkuatan dalam struktur tanah bertulang pada variasi kadar air tanah yaitu kadar air optimum (*OMC*), dua variasi sisi kering optimum (*Dry Side Optimum*) dan dua variasi sisi basah optimum (*Wet Side Optimum*).

## LANDASAN TEORI

### Kapasitas tahanan cabut tulangan longitudinal

Nilai tahanan cabut pada tulangan longitudinal ( $F_f$ ) secara teoritis dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_f = A_s (\sigma_v \tan \delta + c_a) \quad (1)$$

keterangan:

$A_s$  = luas permukaan gesekan

$\sigma_v$  = tegangan vertikal

(tegangan *overburden* tanah diatas tulangan)

$c_a$  = adhesi

$\tan \delta$  = koefisien geser antara butiran tanah dengan material lain

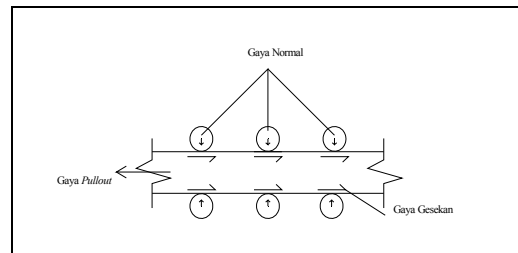
Tahanan cabut tulangan longitudinal dihitung berdasarkan kondisi parameter yang dihasilkan dari variasi kadar air pada tanah lempung. Baik itu tegangan normal yang dihasilkan dari berat volume tanah yang dipadatkan dalam kotak uji (tegangan *overburden*), koefisien gesekan yang didapat dari hasil pengujian *direct shear* dan luas permukaan tulangan baja keseluruhan yang menjadi area gesekan.

### Prinsip dan Interaksi Tulangan-Tanah

Pada tanah bertulang, mekanisme transfer tegangan tanah adalah gaya gesekan antara tanah dan perkuatan. Dengan gaya gesekan ini, tanah mentransfer tegangan gaya-gaya yang bekerja padanya kepada tulangan-tulangan tersebut. Pengetahuan tentang transfer tegangan pada tanah bertulang telah berkembang dari banyak uji gaya cabut

(*pullout*) pada tulangan yang diletakkan pada keadaan yang sebenarnya atau pada model. Tanah dan tulangan membentuk satu kesatuan struktur yang saling menopang dan membagi beban agar dapat dipikul bersama-sama. Transfer geser dapat dilihat pada Gambar 1. Beban yang dapat ditransfer per luasan tulangan tergantung pada karakteristik *interface* tanah dan material tulangan, serta tegangan normal di antara keduanya

Tegangan normal yang bekerja pada bidang kontak tanah-tulangan masih bergantung pada sifat sifat tegangan-tegangan tanah, dimana sifat ini juga dipengaruhi oleh besarnya tegangan yang bekerja. Akibatnya, koefisien geser relatif antara tanah dan tulangan ( $\mu$ ) tidak dapat langsung ditentukan dengan satu analisis saja. Karena itu, hasil pengujian seperti uji *pullout*, uji geser langsung (*direct shear test*), uji model yang dilengkapi dengan alat-alat uji, uji struktur skala penuh sering digunakan sebagai dasar untuk memilih nilai-nilai koefisien geser relatif tanah-tulangan yang dianggap cocok dengan strukturnya.



Gambar 1. Transfer geser tanah-tulangan  
(sumber : Christady, 1996)

### Akibat Penggunaan Tulangan pada Kekuatan Geser Tanah

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud. Mohr (1980, dalam Das, 1993) menyuguhkan sebuah teori tentang keruntuhan pada material yang menyatakan bahwa keruntuhan terjadi

pada suatu material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser.

Garis keruntuhan (failure envelope) sebenarnya berbentuk garis lengkung. Namun, untuk sebagian besar masalah-masalah mekanika tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dan tegangan geser seperti yang terlihat pada Gambar 2. Persamaan kuat geser tanah dapat kita tuliskan sebagai berikut :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \theta \quad (2)$$

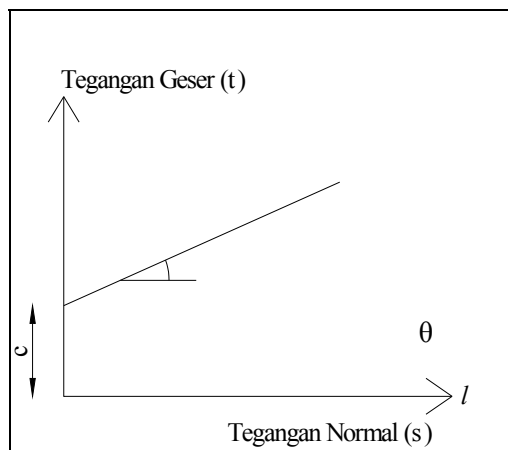
keterangan :

$\tau_f$  = Tegangan geser kondisi *failure*

$c$  = kohesi

$\sigma$  = tegangan normal

$\theta$  = sudut geser antar butiran tanah



Gambar 2. Hubungan linear antara tegangan normal dan tegangan geser (Sumber : Coulomb, dalam Das, 1993)

Berarti, meningkatkan kekuatan geser tanah adalah dengan cara meningkatkan parameter kekuatan geser tanah. Dengan memakai tulangan, parameter kekuatan geser tanah bertambah, sehingga struktur semakin kuat menahan beban

### Pemadatan Tanah Kohesif

Lambe (1958, dalam Das, 1993) telah menyelidiki pengaruh pemadatan terhadap struktur tanah lempung. Bila

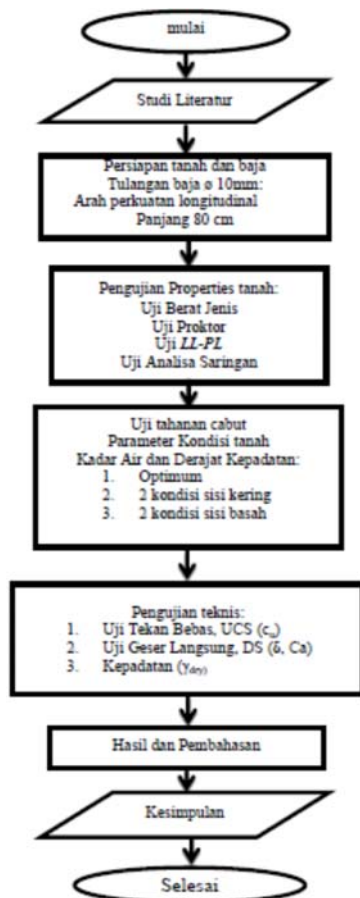
lempung dipadatkan dengan kadar air pada sisi kering dari kadar air optimum, tanah tersebut akan mempunyai struktur terflokulasi. Hal ini disebabkan karena pada kadar air yang rendah, lapisan ganda terdifusi dari ion-ion yang menyelimuti partikel tanah lempung tersebut tidak dapat sepenuhnya berkembang, jadi, gaya tolak menolak antar partikel-partikel juga berkurang. Sebagai hasilnya didapat suatu struktur tanah dengan arah partikel yang relatif acak pada kadar air yang rendah. Bila kadar air ditambah, maka lapisan ganda terdifusi di sekeliling partikel tanah akan mengembang, sehingga terjadi peningkatan gaya tolak-menolak antara partikel-partikel lempung akan menghasilkan tingkat flokulasi yang lebih kecil dan berat volume kering yang lebih besar. Bila kadar air terus ditingkatkan maka lapisan ganda juga akan semakin mengembang dan gaya tolak-tolak antar partikel juga semakin meningkat. Hal ini akan menghasilkan suatu tingkat orientasi partikel yang lebih besar dan suatu struktur terdispersi yang lebih banyak atau lebih sedikit. Akan tetapi, berat volume kering dari tanah kemudian akan berkurang karena penambahan air tadi akan memperkecil konsentrasi partikel-partikel padat dari tanah per satuan volume.

Pada kadar air tertentu, usaha pemadatan yang lebih tinggi cenderung menghasilkan lebih banyak partikel-partikel lempung dengan orientasi sejajar, sehingga lebih banyak struktur tanah yang terdispersi. Partikel-partikel tanah lebih dekat satu sama lain dan dengan sendirinya didapatkan berat volume yang lebih tinggi.

### METODOLOGI PENELITIAN

Alur penelitian secara lengkap dapat dilihat pada *flowchart* penelitian pada Gambar3. Dimulai dengan melakukan studi literatur dari berbagai jurnal dan sumber yang mendukung,

dilanjutkan dengan melakukan serangkaian pengujian hingga diperoleh hasil yang kemudian dianalisa untuk mendapatkan kesimpulan dalam penelitian ini



Gambar 3. Bagan alir (*flowchart*) Penelitian

Alat test *pullout* yang dipakai selama proses pengujian adalah kotak uji yang dirangkai menggunakan kayu dengan dimensi panjang x lebar x tinggi = 100 cm x 40 cm x 30 cm, kotak uji diberi lapisan kedap air agar air tanah tidak merembes ke luar kotak. Kemudian kotak uji juga dihubungkan perangkat penarik tulangan beserta alat pembacanya. Skema alat penelitian dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini:

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Massa (Berat) Jenis Tanah (ASTM D 854)

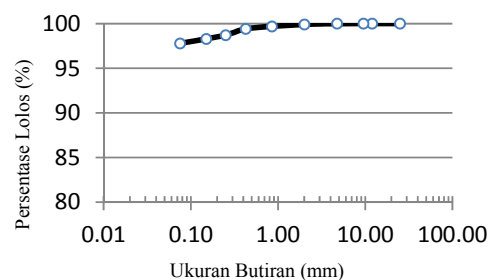
Massa jenis tanah adalah perbandingan antara massa butir-butir dengan massa air destilasi di udara dengan volume yang sama pada temperatur 27,5 °C. Setelah dilakukan pengujian sebanyak tiga kali berturut – turut maka didapat harga  $G_s$  rerata sebesar 2,66. Hasil lengkap dapat dilihat pada lampiran.

### Pengujian Batas Cair dan Batas Plastis Tanah (ASTM D421)

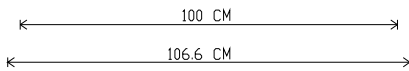
Hasil pengujian diperoleh besarnya kadar air batas plastis ( $PL$ ) 29,053 % dan batas cair ( $LL$ ) 59,400 % sedangkan indeks plastisitas ( $IP$ ) didapat dari mengurangkan batas cair dan batas plastis, diperoleh hasil  $IP$  sebesar 30,347 %. Indeks plastisitas merupakan Interval kadar air pada kondisi tanah masih bersifat plastis. Berdasarkan nilai  $LL > 50\%$  maka tanah tergolong tanah plastisitas tinggi.

### Pengujian Analisa Saringan Metode Mekanik (ASTM C 136)

Hasil analisa saringan pada sampel tanah diperoleh persentase lolos saringan No. 200 sebesar 97,780%, berdasarkan USCS tanah berbutir kasar apabila mempunyai persentase lolos saringan No 200 kecil 50%, dan tanah berbutir halus (lanau/lempung) apabila besar dari 50% lolos saringan No 200. Untuk lebih jelasnya grafik hasil pengujian disajikan pada Gambar 5



Gambar 5. Hasil analisa gradasi butiran pada tanah pasir dengan metoda mekanik (Sumber : Hasil analisa)



Hasil beberapa pengujian fisik tanah yang telah dilakukan, diperoleh Nilai LL 59,4 %, nilai IP 30,347 % dan persentase lolos saringan No. 200  $> 50\%$ , dapat diklasifikasikan tanah lempung adalah berjenis *Fat clay*.

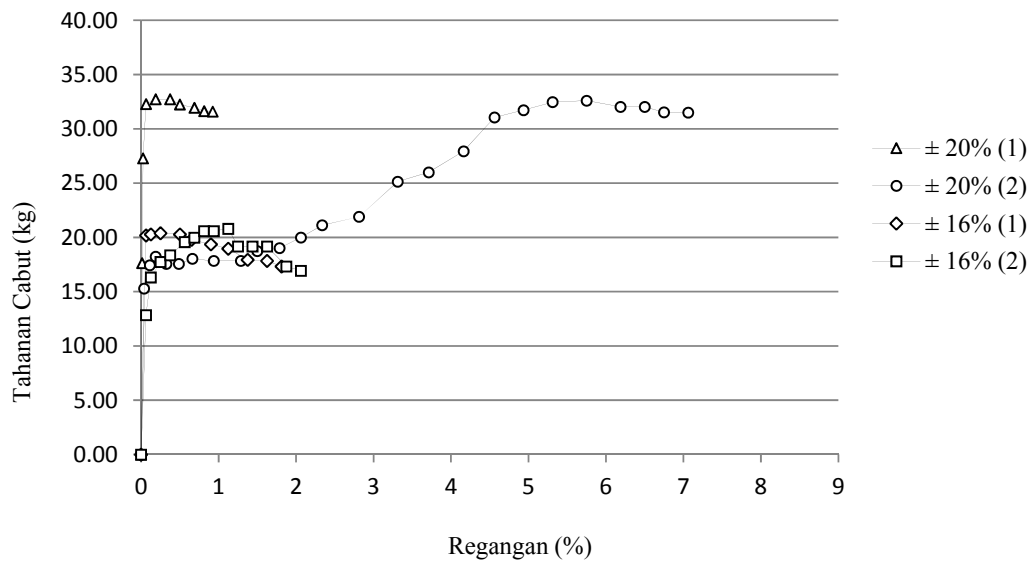
Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapat kadar air optimum (*OMC*) sebesar 24,12% dan berat volume kering maksimum 1,526 gr/cm<sup>3</sup>. Untuk lebih jelasnya grafik hasil uji Standar Proctor dapat dilihat pada Gambar 6.

Pengujian tahanan cabut dilakukan dalam 5 variasi kadar air, yaitu kadar air optimum, dua kondisi sisi kering optimum (16% dan 20%) dan dua kondisi sisi

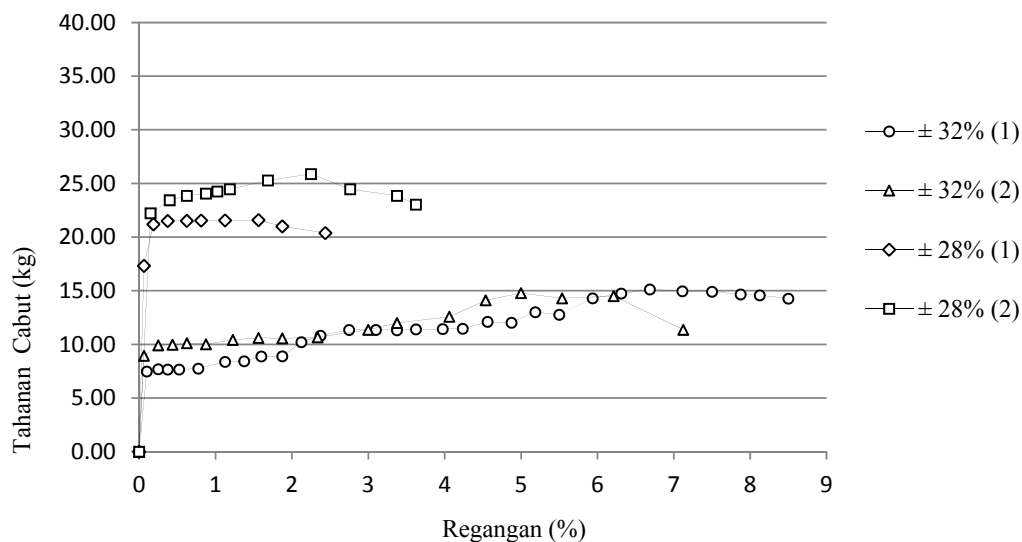


basah optimum (28% dan 32%). Masing-masing pengujian tiap kadar air sebanyak tiga kali percobaan dan akan diambil dua

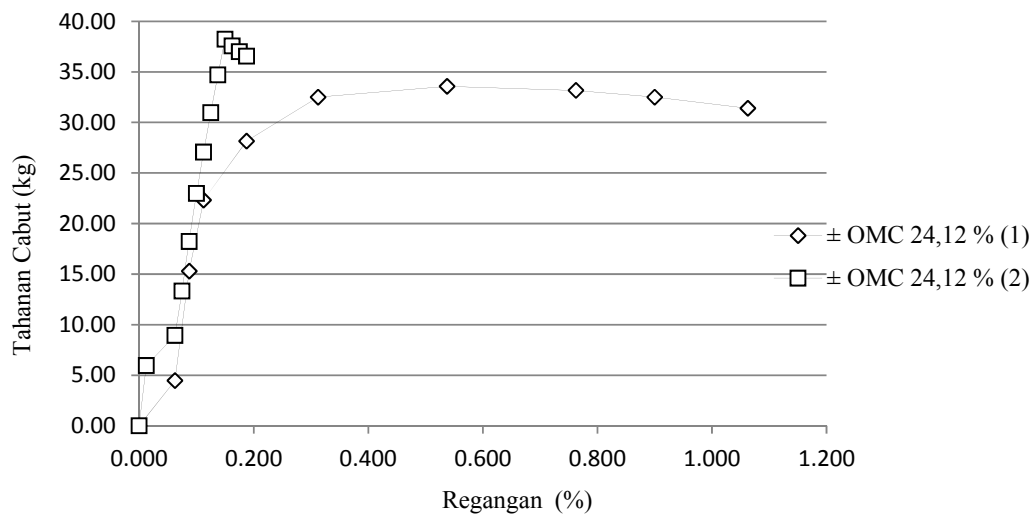
nilai tahanan gesek yang saling mendekati. Hasil pengujian disajikan pada gambar 7,8 dan 9.



Gambar 7. Grafik hubungan antara tahanan cabut terhadap regangan pada kadar air dibawah *omc* (16 % dan 20 %)  
(Sumber : Hasil analisa)



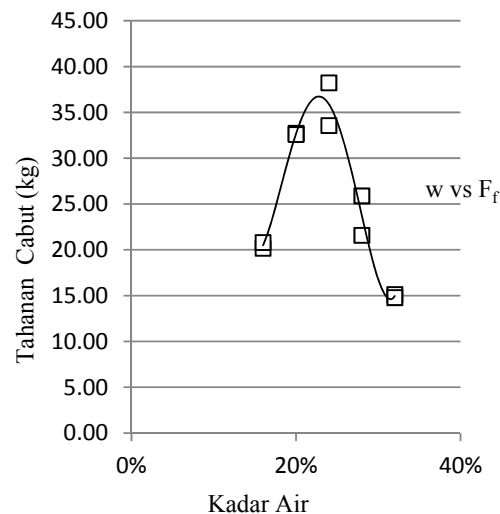
Gambar 8. Grafik hubungan antara tahanan cabut terhadap regangan pada kadar air dibawah *omc* (28 % dan 32 %)  
(Sumber : Hasil analisa)



Gambar 9. Grafik hubungan antara tahanan cabut terhadap regangan pada kadar air *OMC* (24,12 %) (Sumber : Hasil analisa)

### Hubungan Perubahan Kadar Air Terhadap Kuat Tahanan Cabut

Pada penambahan kadar air, hasil uji kekuatan tahanan cabut kadar air optimum (*OMC*) didapat hasil yang paling besar yaitu 35,897 kg dan hasil terlihat menurun seiring berkurang maupun bertambahnya kadar air. Untuk kadar air sisi kering optimum (*dry side optimum*) 16% dan 20% hasil tahanan cabut (dipilih satu yang terbesar dari dua pengujian) sebesar 20,489 kg dan 27,054 kg sementara untuk kadar air sisi basah optimum (*wet side optimum*) 28% dan 32% hasil pengujian menunjukkan tahanan cabut sebesar 23,741 kg dan 14,954 kg. Grafik hubungan antara perubahan kadar air terhadap kuat tahanan cabut disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan antara perubahan kadar air terhadap kuat tahanan cabut (Sumber : Hasil analisa)

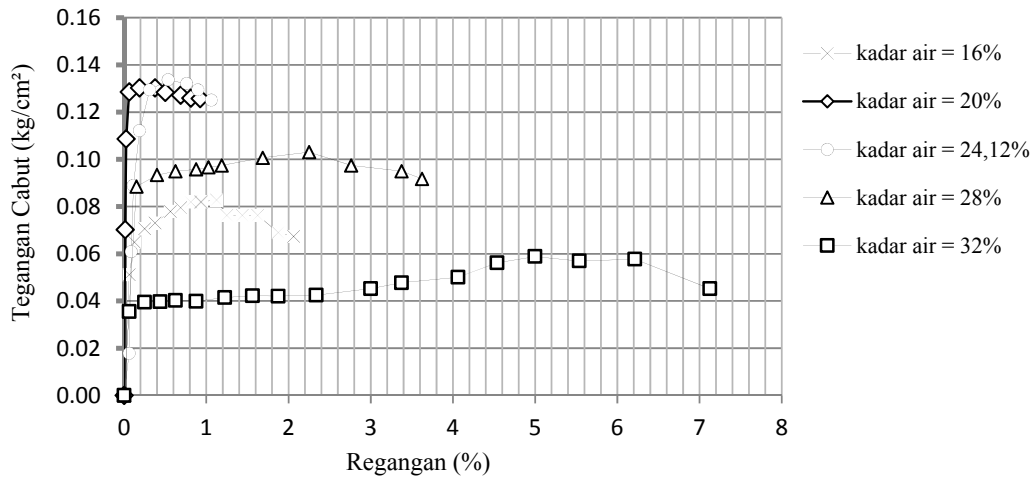
### Hubungan Regangan Terhadap Perubahan Kadar Air

Hasil pengujian menunjukkan tanah yang memiliki kadar air paling tinggi memberikan regangan paling besar karena tanah sudah bersifat lebih kohesif (sudah berada dalam indeks plastis). Untuk lebih jelasnya, hubungan antara regangan terhadap perubahan kadar air disajikan pada Gambar 11.

### Pengujian Tekan Bebas (*UCS*, ASTM D 2166)

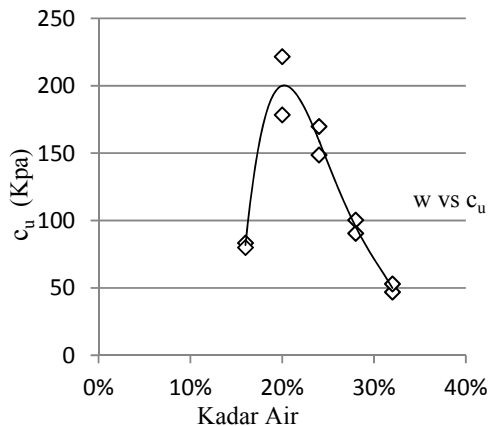
Kekuatan tanah lempung yang dipadatkan umumnya berkurang dengan bertambahnya kadar air, pada kira-kira kadar air optimum, terjadi penurunan kekuatan tanah yang besar. Ini berarti bila ada dua contoh tanah yang dipadatkan pada berat volume kering yang sama, yang satu dipadatkan pada sisi kering dan





Gambar 11. Grafik tegangan cabut terhadap regangan  
(Sumber : Hasil analisa)

yang lainnya pada sisi basah dari kadar air optimum, uji contoh tanah yang dipadatkan pada sisi kering dari kadar air optimum (yang memiliki struktur terokulasi) akan mempunyai kekuatan yang lebih besar. Itu menjelaskan kuat geser pada kadar air sisi kering optimum didapat hasil pengujian yang paling besar. Grafik hasil pengujian disajikan pada Gambar 12.

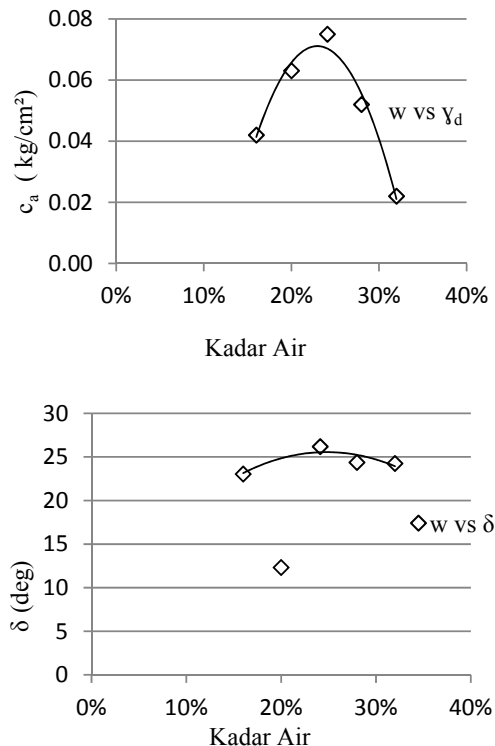


Gambar 12. Grafik hasil pengujian tekan bebas (UCS) terhadap kadar air  
(sumber : Hasil analisa)

#### Uji Geser Langsung (*Direct shear*, ASTM D 3080)

Untuk mendapatkan parameter kuat geser tanah terhadap tulangan baja ( $\delta$ ) dan besarnya adhesi ( $c_a$ ) masing-

masing variasi kadar air yang telah ditentukan. Posisi besi diletakkan pada bagian bawah sedangkan tanah lempung pada bagian atas. Hasil pengujian disajikan pada Gambar 13.

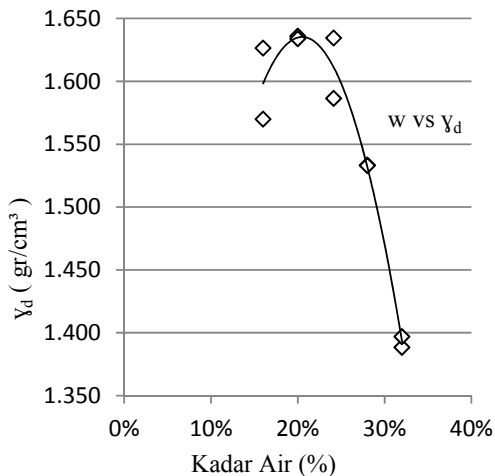


Gambar 13. Grafik hasil pengujian geser langsung ( $c_a$ ) terhadap kadar air  
(sumber : Hasil analisa)



### Pengecekan Hasil Kepadatan Tanah Lempung Saat Pengujian

Hasil uji kepadatan paling tinggi diperoleh pada pemadatan sisi kering optimum yaitu pada kadar air 20% sebesar 1,636 gr/cm<sup>3</sup>, diikuti kadar air optimum 24,12% kemudian kadar air sisi kering 16% selanjutnya pada kadar air sisi basah 28% lalu 32%. Untuk lebih jelasnya hasil pengujian berat volume pada kotak uji disajikan pada Gambar 14.

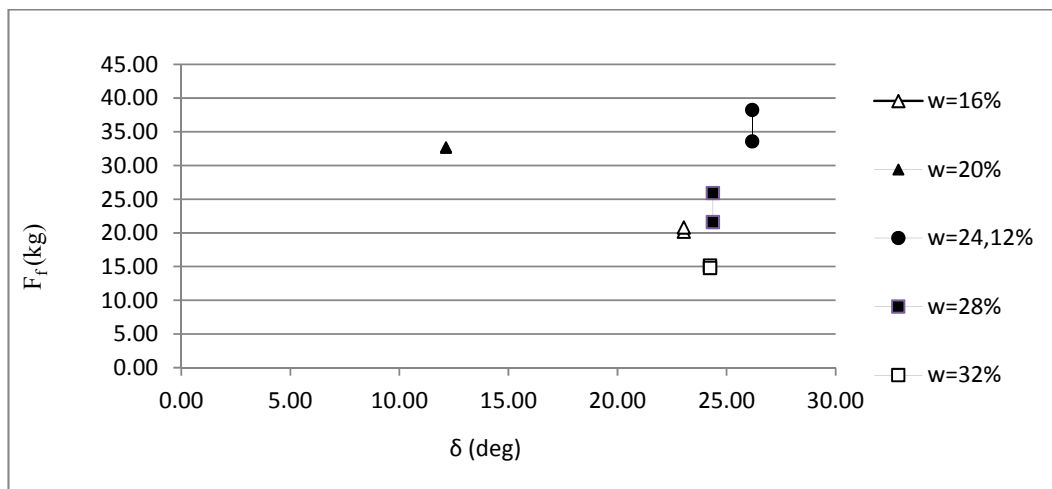


Gambar 14. Grafik hasil pengujian kepadatan ( $\gamma_d$ ) terhadap kadar air (sumber : Hasil analisa)

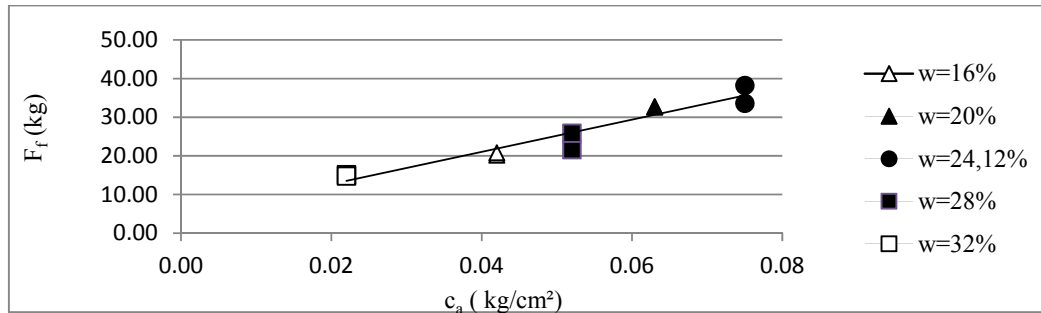
### Hubungan Sudut Gesek *Interface* dan Adhesi Terhadap Kuat TahananCabut

Hasil analisa yang diperoleh

dari pengujian untuk menentukan sudut gesek *interface* menunjukkan tidak adanya korelasi terhadap kuat tahanan cabut, besar kecilnya nilai  $\delta$  tidak sebanding dengan apa yang diperoleh pada hasil pengujian *pullout* sedangkan hasil pengujian untuk nilai adhesi menunjukkan adanya korelasi yang jelas terhadap nilai tahanan cabut. Semakin besar nilai adhesi maka semakin besar pula nilai tahanan cabut yang diperoleh, hal ini menunjukkan bagaimana peranan adhesi ( $c_a$ ) yang dominan pada tanah lempung dibanding dengan nilai  $\delta$  terhadap nilai tahanan cabut. Untuk lebih jelasnya grafik hubungan sudut gesek *interfacedan* adhesi terhadap kuat tahanan cabut disajikan pada Gambar 15 dan 16.



Gambar 15 Grafik hubungan sudut gesek *interface* terhadap tahanan cabut (Sumber : Hasil analisa)



Gambar 16 Grafik hubungan adhesi terhadap tahanan cabut  
(Sumber : Hasil analisa)

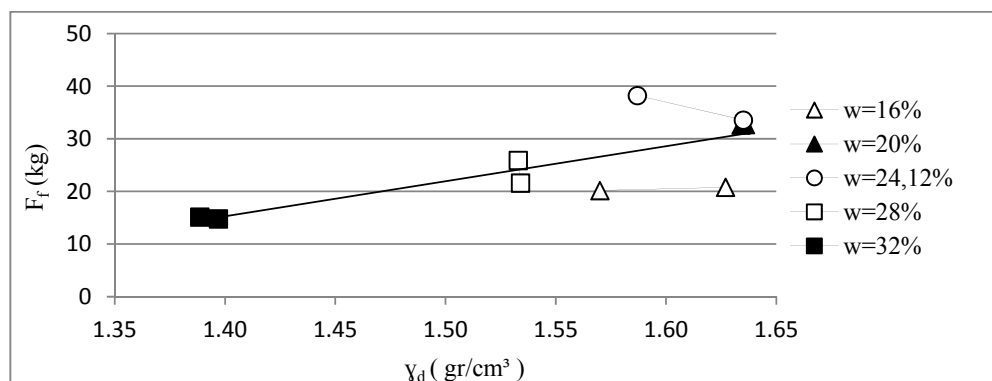
### Hubungan Kepadatan Terhadap Kuat Tahanan Cabut

Secara garis besar terdapat hubungan antara tingkat kepadatan dengan kuat tahanan cabut, dimana semakin tinggi kepadatan maka semakin besar pula kuat cabutnya, namun terdapat bagian dimana korelasi yang ditunjukkan tidak berbanding lurus terhadap hasil yang diperoleh. Untuk berat volume kering yang diperoleh pada kadar air 16% lebih besar dibandingkan dengan berat volume kering pada kadar air 28% namun pengujian pullout menunjukkan pada kadar air 28% diperoleh tahanan cabut lebih besar dibandingkan dengan tahanan cabut pada kadar air 16%. Begitu pula pada kadar air optimum yang mana faktor *OMC* berpengaruh pada pengujian, hasil tahanan cabut pada kadar air optimum lebih besar dibanding tahanan cabut pada kadar air 20% yang memiliki kepadatan lebih tinggi. Hubungan kepadatan

terhadap kuat tahanan cabut disajikan pada Gambar 17.

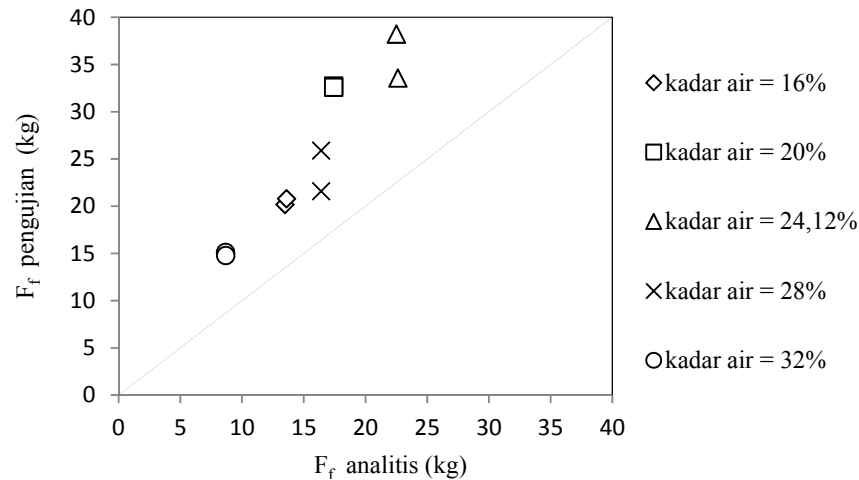
### Perbandingan Tahanan Cabut Tulangan Baja Secara Analitis dan Pengujian

Tahanan cabut tulangan longitudinal dihitung berdasarkan kondisi parameter yang dihasilkan dari variasi kadar air pada tanah lempung. Baik itu tegangan normal yang dihasilkan dari berat volume tanah yang dipadatkan dalam kotak uji (tegangan *overburden*), koefisien gesekan yang didapat dari hasil pengujian *direct sheard* dan luas permukaan tulangan baja keseluruhan yang menjadi area gesekan. Adanya perbedaan dan analisa yang rendah terhadap perkiraan tahanan cabut secara analitis dibanding dengan hasil yang didapat dari pengujian dilaboratorium. Perbandingan perhitungan secara analitis dan pengujian skala laboratorium dapat disajikan pada Gambar 18 dan Tabel 1.



Gambar 17. Grafik hubungan kepadatan terhadap tahanan cabut

(Sumber : Hasil analisa)



Gambar 18. Perbandingan tahanan cabut secara analitis dan pengujian laboratorium  
(Sumber : Hasil analisa)

Tabel 4.1. Perbandingan perhitungan secara analitis dan pengujian skala laboratorium

No	w	$\gamma_d$ gr/cm <sup>3</sup>	$\gamma_{wet}$ gr/cm <sup>3</sup>	$c_a$ kg/cm <sup>2</sup>	$\delta$ (deg)	$\sigma_v$ gr/cm <sup>2</sup>	$F_f$ analitis kg	$F_f$ pengujian kg
1	16%	1,570	1,826	0,042	23,044	27,390	13,477	20,184
	16%	1,627	1,902			28,527	13,599	20,795
2	20%	1,636	1,968	0,063	12,133	29,516	17,420	32,732
	20%	1,634	1,969			29,533	17,421	32,599
3	24%	1,635	2,041	0,075	26,183	30,615	22,621	33,568
	24%	1,587	1,973			29,599	22,496	38,226
4	28%	1,534	1,960	0,052	24,38	29,398	16,409	21,590
	28%	1,533	1,959			29,378	16,407	25,892
5	32%	1,389	1,844	0,022	24,25	27,663	8,657	15,127
	32%	1,397	1,852			27,776	8,669	14,781

(Sumber : Hasil analisa)

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian Proktor Standar pada sample tanah diperoleh nilai kadar air optimum (*OMC*) pada 24,12 % dan nilai berat volume

kering maksimum ( $\gamma_{dmaks}$ ) sebesar 1,526 gr/cm<sup>3</sup>.

2. Sampel lempung berkarakteristik *Fat Clay* apabila dipadatkan pada sisi kering optimum ( $w = 20\%$ ) diperoleh kepadatan maksimum yaitu sebesar 1,636 gr/cm<sup>3</sup> sedangkan apabila dipadatkan pada sisi basah optimum

- (w = 32%) diperoleh kepadatan minimum sebesar 1,389 gr/cm<sup>3</sup>.
3. Hasil analisa *pullout* antara pengukuran dan perhitungan menunjukkan nilai yang lebih besar diperoleh dari hasil pengukuran yaitu sebesar  $\pm 172\%$ .
  4. Hasil pengujian *pullout* terbesar berada pada kadar air optimum yaitu 38,226 kg dan terkecil pada kadar air sisi basah 32% yaitu 14,781 kg.
  5. Semakin besar adhesi antara lempung-baja maka semakin besar pula tahanan cabut yang diperoleh.
  6. Kinerja tulangan baja  $\varnothing$  10 mm pada tanah lempung jenis *fat clay* cenderung bernilai hampir sama bila dibandingkan dengan kinerja tulangan baja  $\varnothing$  22 mm yang dilakukan oleh Kwon, dkk dan rotan jenis sega  $\varnothing$  8 mm yang diuji oleh Harison pada tanah yang berbeda.
- Adapun Saran yang diberikan untuk penelitian dan penulisan tugas akhir adalah:
1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kuat tahanan cabut perkuatan pada struktur tanah bertulang, baik perkuatan pada arah transversal, jaringan atau beragam bentuk model perkuatan.
  2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan jenis tanah yang berbeda serta variasi penambahan tegangan normal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. SNI-07 2052-2002 (Istilah dan definisi baja tulangan)
- Christady, H. 1990. Uji cabut jaringan tulangan baja untuk perencanaan struktur tanah bertulang. *Media Teknik Sipil*. Edisi 2.
- Christady, H. 1990. *Teknik Pondasi I*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Das, Braja M, Noor Endah, Indrasurya B. Mochtar. 1993. *Mekanika Tanah I (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M, Noor Endah, Indrasurya B. Mochtar. 1993. *Mekanika Tanah II (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Surabaya: Erlangga.
- Harison, V. 2013. Karakteristik *pull-out resistance* tulangan rotan sebagai perkuatan pada tanah pasir. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil S-1. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Hossain, M. Z. dkk. 2007. A study on pullout behavior of reinforcement due to variation of water content of soil. *Agricultural Engineering International: CIGR E-journal*. Volume IX. Mie University. Tsu. Japan.
- Kwon, Y. dkk. 2010. Pullout characteristics of chain type retaining system. *International Journal of the Physical Sciences*. Volume 5, 9.
- Prakoso. W. A, dkk. 2012. Uji pullout strap geosintetik *reinforced soil retaining Wall* prasarana kereta api. *Puslitbang Kementrian PU*. 0860.
- Pramuhadi, G. 2001. Adhesi tanah – metal pada berbagai tingkat perubahan kepadatan dan kadar air tanah. *Buletin Keteknikan Pertanian*. Volume 15.